

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТИ КУСКОВ ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

В.А. Ишейский, М.А. Маринин, С.И. Фомин
Санкт-Петербургский горный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург, В.О.21-я линия, д.2, 199106
E-mail: vd07@bk.ru

С развитием ресурсоёмких технологий всё большую значимость приобретают проблемы, связанные с природопользованием. Рациональное природопользование, как система научного, производственно-технического и организационного характера, предполагает наиболее полное использование добываемых природных ресурсов и, как следствие, сокращение числа потребляемых ресурсов, обеспечение восполнения природных ресурсов и целесообразное использование минерально-сырьевой базы. Одна из важнейших проблем в сфере нерудных строительных материалов – неконтролируемый выход отсева дробления. Например, при производстве щебня из гранитов, габбро-диоритов, базальтов выход отсева дробления составляет, в среднем, 25%, а из карбонатных пород – 35% [1]. Действие взрыва на разрушаемый массив при его дроблении приводит к снижению прочностных характеристик кусков разрушенной горной массы, что существенно влияет на объем выхода отсева на стадии переработки. Данному направлению посвящено значительное количество исследований [2,3,4].

Исходя из результата модельных экспериментов, которые представлены в работах [5], на базе карьера по производству гранитного щебня была проведена серия взрывов гранитного массива с разными удельными расходами. Удельный расход менялся за счет сближения сетки скважин. Прочностные характеристики поступающего на завод сырья оценивались по прочности среднего куска из развала. Для определения среднего куска после каждой проходки экскаватора развал взорванной горной массы фотографировался. Планиметрический анализ производился линейным методом. Полученные фотографии подвергались первоначальной обработке в среде MapInfo, а затем в программном комплексе WipFrag по методике, изложенной в работах [6, 7]. Из отобранных кусков в забое подготавливались образцы для испытаний. Подготовка образцов горных пород к лабораторным исследованиям заключалась в выбуривании кернов из отобранных после взрыва кусков и приданию им требуемых форм и размеров путем обработки на специальном камнерезном оборудовании [8].

На основе имеющихся результатов получена степенная зависимость, позволяющая прогнозировать предел прочности на сжатие среднего по размеру куска, поступающего на дробилку в зависимости от удельного энергонасыщения:

$$|\sigma_{сжс}|_{cp} = 426,25 E^{-0,7} \quad (1)$$

где E – удельные энергозатраты ВВ, МДж/м³; $\sigma_{сжс ср}$ – предел прочности на одноосное сжатие среднего по размеру куска, МПа.

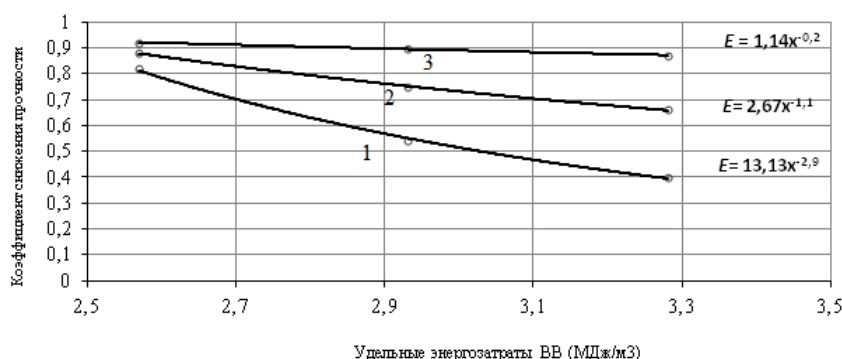


Рис. 1. Экспериментальная зависимость коэффициента снижения прочности от удельных энергозатрат ВВ для зон: 1 – 0-10 \bar{F} ; 2 – 11-20 \bar{F} ; 3 – 21- $i \bar{F}$

Если рассмотреть результаты, приведенные в работах [9, 10], и, с учетом того, что прочность среднего куска взорванной горной массы является функцией расстояния от источника взрыва, представляется возможным выразить коэффициент снижения прочности для исследуемых гранитов

относительно ненарушенного материала по каждой зоне от изменения удельных энергозатрат. Зависимости коэффициент снижения прочности для исследуемых пород по зонам представлены на рисунке 1.

Таким образом, прочность среднего куска после взрыва с учетом зон разрушения можно представить выражением:

$$|\sigma_{сж}|_{ср} = \sum_{i=1}^n |\sigma_{сж}|_{м} k_i \cdot \frac{V_i}{V_{общ}}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где V_i – объем зоны разрушения, м³; $V_{общ}$ – объем, приходящийся на все зоны, м³; $|\sigma_{сж}|_{м}$ – предел прочности пород на одноосное сжатие до взрыва, МПа; k_i – коэффициент снижения прочности по зоне; n – число зон разрушения.

В программном комплексе MathCAD, руководствуясь результатами промышленных и лабораторных экспериментов, был произведен расчет прочности среднего куска согласно формуле (2). Предел прочности гранита на одноосное сжатие для условий карьера составлял 240 МПа. Удельные энергозатраты ВВ, согласно расчетам по формуле (1), составили 2,61 МДж. Подставляя расчетные данные в выражения по нахождению коэффициента ослабления прочности для зон разрушения, представленные на рисунке 1, найдем значение предела прочности на одноосное сжатие для среднего куска в развале.

Результаты расчетных значений были соотнесены с экспериментальной кривой.

По результатам расчета и эксперимента установлено, что изменение предела прочности среднего куска на одноосное сжатие от удельных энергозатрат ВВ в интервале от 2,5 до 3,5 МДж/кг³ для исследуемых пород определяется степенной зависимостью (1).

Подводя итог результатам промышленного эксперимента в натурных условиях с учетом картины разрушения, полученной при проведении модельных экспериментов в лабораторных условиях [5], можно сделать вывод, что снижение прочности среднего куска взорванной горной массы в развале зависит от удельных энергозатрат ВВ и определяется суммарным коэффициентом снижения прочности для различных зон разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология. - М: Издательство АСВ, 1994. - 264 с.
2. Akande J. Optimization of Blasting Parameters Using Regression Models in Ratcon and NSCE Granite Quarries / J. Akande, A. Lawal // Ibadan, Oyo State, Nigeria, Geomaterials. – 2013. - Vol. 3, №1. - pp. 28-37.
3. Inoue H. Study on Control of Fragmentation Size by Changing Blasting Pattern at Open Pit Metal Mine / Inoue H., Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A // Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2014, Fukuoka, 4-5 December 2014. - pp. 214-217.
4. Sasaoka T. Effects of rock mass conditions and blasting standard on fragmentation size at limestone quarries open journal of geology / T. Sasaoka, Y. Takahashi, W. Sugeng, A. Hamanaka // Open journal of geology. - 2015. - №5. - pp. 331-339.
5. Isheyskiy, V.A., Yakubovskiy, M.M. Determination of strength reduction factor in blasted rocks versus the distance from the blast center (2016) Gornyi Zhurnal, (12), pp. 55-59.
6. Maerz N.H. WipFrag image based granulometry system / N.H. Maerz, T.C. Palangio, J.A. Franklin // Proceedings of the FRAGBLAST5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, Montreal. Quebec. Canada. - 1996. - pp. 91-99.
7. Maerz N.H. Reconstructing 3-D Block Size Distributions from 2-D Measurements on Sections. Proc. ISRM / Fragblast 5 Workshop and Short Course on Fragmentation Measurement, Montreal. - 1996. - pp. 39-43.
8. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength. ASTM Book of Standards Volume 4.08: Construction: Soil and Rock (I). Canada, 2013.
9. Isheyskiy, V.A., Marinin, M.A. Determination of rock mass weakening coefficient after blasting in various fracture zones(2017) Engineering Solid Mechanics, 5 (3), pp. 199-204.
10. Харо О.Е. Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов / О.Е. Харо, Н.С. Левкова, М.И. Лопатников // Строительные материалы. - 2003. - №9. - С. 18-19.